液体窒素冷却NMRプリアンプ LNA-4R3取扱説明書 版2012/6/20　北川　健太郎

使用方法

電源として、トランスタイプで、12〜15Vのものを用意する。0.16Aのはずであるので、電流計が付いている方がよい。発熱が減るので12Vの方が良い。

入力と出力ともにSBDのクロスダイオードが付いているが、出力側は100mAまでであるので、入出力を間違えて使用しないこと。

入力は、整合がとれていれば300Wまでは安全である。それ以上、もしくは整合が外れる可能性が大きければ、外部の保護ダイオードまたはDuplexer等が必要。クロスダイオードが破損した場合、低温部ダイオード基板の交換が必要となる。

液体窒素容器に入れる際は、５分以上かけてゆっくり入れる。熱サイクルは好ましくないので、できるだけ冷やしたままでいること。

電源を入れたまま温度を上げると、溶けた水分により破損する可能性がある。

SMAコネクタが緩みやすいので、たまに締め直すこと。

TIPS

一般のDuplexerを使用した場合、0.3dB程度の損失があり、雑音指数がそれだけ悪化する。太くてシールドの良いλ/4ラインの使用を推奨する。

入力に伝送線路的トランスを追加し、1:4のインピーダンス変換を行うと10MHz以下のNFを改善することが出来る。

入力雑音（外部ノイズ＋コイル熱雑音）が大きい状態では、プリアンプの性能による差はあまりない。

NMR実験時の簡易動作チェック

コイルが極低温状態で、外部ノイズが十分に小さく、整合もとれているとする。

プローブに繋いだ状態でのホワイトノイズと、プリアンプ入力にターミネータを繋いだ状態でのホワイトノイズを比較し、後者が5dB以上大きければ受信系は概ね正常である。

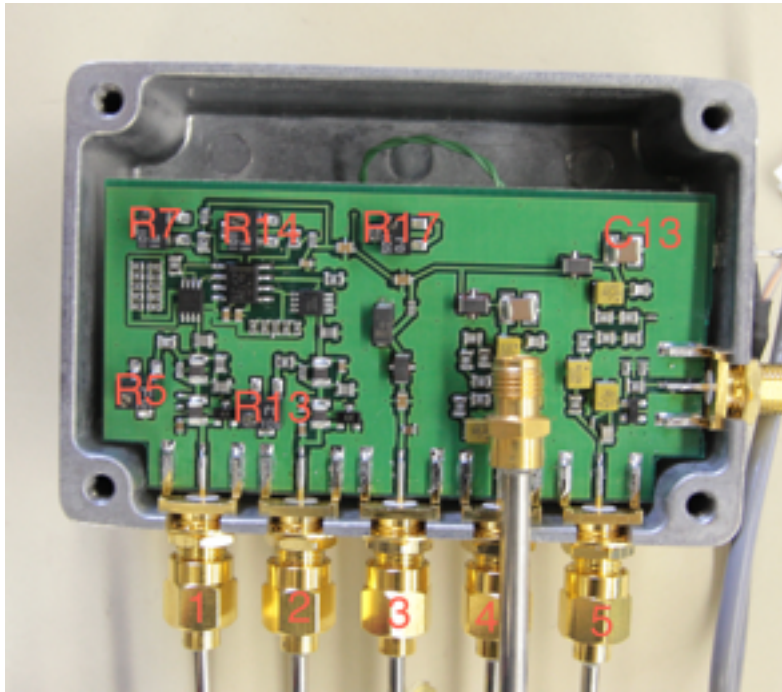
ネットワークアナライザーでの動作チェック

添付資料の用に、低温時で37dB程度、常温でも35dB以上のゲインであれば正常である。

入力が-40dBm以下でないと正確に測定できないので、そのように設定するか、アッテネーターを加えること。

トラブル時のDMMでの簡易動作チェック

電源OFFで、信号入力のSMAをダイオードレンジで測定し、0.2V程度であることを確認する。

0.15Vより小さければ、保護ダイオードが破損している。

室温の場合

調整作業は25℃付近で行う。
一番右上のコンデンサの電圧で、内部電源電圧が9.50VになるようにR17を調整する。
３番ピンが2.57±0.1Vであることを確認する。
R7を回し、４番ピンが2.82Vになるように調整する。
１番ピンが0.337±0.02Vであることを確認する。
R14を回し、５番ピンが2.08Vになるように調整する。
２番ピンが0.365±0.02Vであることを確認する。
電源電流は0.16±0.1Aのはずである。

77 Kの場合

一番右上のコンデンサの電圧で、内部電源電圧が9.50VになるようにR17を調整する。
３番ピンが2.57±0.1Vであることを確認する。
R7を回し、４番ピンが2.94Vになるように調整する。
１番ピンが0.285±0.02Vであることを確認する。
R14を回し、５番ピンが2.21Vになるように調整する。
２番ピンが0.296±0.02Vであることを確認する。
電源電流は0.16±0.1Aのはずである。

NF測定によりさらに微調整すれば言うことはない。

付録１：低温法による雑音指数（NF）の測定

雑音指数NFは、アンプ入力前後のS/Nの悪化度合い、$(S/N)_{in}$ / $(S/N)_{out}$、で定義される。
通常は、入力雑音として290 Kの熱雑音（k_BT = -173.98 dBm/Hz）を基準とする。
２種類の既知のノイズソース、異なる温度の熱雑音を用いて出力ノイズ強度を測定すれば、アンプのNFを決定することができる。
$N_{out}(T) = Gain \times k_BT + N_{amp}$
であるから、

N_{amp} / Gain = (T_2 x $N_{out}(T_1)$ - T_1 x $N_{out}(T_2)$) / ($N_{out}(T_2)$ - $N_{out}(T_1)$)
となり、以下の式よりNFが求まる。
NF = $(S/N)_{in}$ / $(S/N)_{out}$ = (S / k_B x 290 K) / (Gain x S / (Gain x k_B x 290 K + N_{amp})
　　= 1 + N_{amp} / (Gain x k_B x 290 K)
dB表示では、10 $\log_{10}$(1 + N_{amp} / (Gain x k_B x 290 K))である。

室温と液体窒素温度でのターミネータを利用し、雑音強度はスペクトラムアナライザーを用いて測定することで求めることが出来るが、レベルが小さいので工夫が必要である。
まず、入力はセミリジッド／セミフレキ同軸のみでフルシールドする必要がある。
スペクトラムアナライザーの設定は、ゼロスパン、アッテネーターOFF、RBWを0.1MHz程度以下、VBWを最小に、アベレージ機能、ノイズマーカーを使用する。また、スペクトラムアナライザー自身のノイズを別途測定し差し引くか、プリアンプを追加する必要がある。

付録２： 先行試作機の液体窒素温度での特性

デッドタイムは2μs以下
リターンロスは8dB程度

ゲイン @-40dBm

雑音指数

2
1.5
1
0.5
0
NF290 [dB]
1
10
100
1000
Frequency [MHz]